



Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Behandlung von cerebralen Ischämien sowie auf ein Mittel zur Behandlung cerebraler Ischämien insbesondere des Menschen, wie sie beispielsweise bei Schlaganfallpatienten auftreten. Überraschend wurde gefunden, daß die periphere Gabe von Erythropoietin auf das von der Ischämie betroffene cerebrale Gewebe einen ausgeprägt protektiven Effekt aufweist. Erythropoietin bewirkt dabei, daß der Bereich des dauerhaft geschädigten cerebralen Gewebes, insbesondere in der Penumbra, dramatisch verkleinert wird gegenüber herkömmlichen Maßnahmen bei cerebraler Ischämie ohne Erythropoietingabe.

**BEST AVAILABLE COPY**

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren zur Behandlung von cerebralen Ischämien  
sowie Verwendung von Erythropoietin oder  
Erythropoietin-Derivaten zur Behandlung von  
cerebralen Ischämien

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein  
Verfahren zur Behandlung von cerebralen Ischämien  
sowie auf ein Mittel zur Behandlung cerebraler  
Ischämien von Säugetieren, insbesondere des Menschen,  
wie sie beispielsweise bei Schlaganfallpatienten  
10 auftreten.

Beim ischämischen Hirninfarkt unterscheidet man die  
geschädigten Bereiche in ischämische Kernzone sowie  
die den Kern umgebende sogenannte Penumbra. Das  
Ausmaß von ischämischem Kern plus Penumbra  
15 determiniert die Schadensgröße nach ischämischem  
Insult.

Erythropoietin, auch abgekürzt als "EPO" bezeichnet, ist ein körpereigenes Glycoprotein mit einem Molekulargewicht von 30000 Dalton (W. Jelkmann, „Erythropoietin: Structure, Control of Production, and Function“, Physiological Reviews, 1992, Band 72, 5 Seiten 449 bis 489). Es ist ein wesentlicher Wachstumsfaktor für die Produktion von Erythrozyten und wurde bereits 1977 erstmals isoliert.

10 Erythropoietin ist seit vielen Jahren in häufigem klinischem Gebrauch bei Patienten mit renaler Anämie bei Nephrodialyse, zur Gewinnung größerer Mengen autologen Blutes vor geplanten Operationen und geriet auch als Dopingmittel in die Schlagzeilen der Presse.

15 Dabei erwies sich Erythropoietin als ausgesprochen gut verträglich. Als relevante Nebenwirkungen sind insbesondere die oft therapeutisch erwünschte Stimulation der Hämatopoiese mit Polyglobulie sowie eine selten zu beobachtende arterielle Hypertonie zu nennen. Beide Auswirkungen sind hauptsächlich nach 20 chronischer Erythropoietin-Gabe zu erwarten. Sie sind im Bedarfsfall relativ einfach durch medikamentöse Behandlung bzw. Aderlaß abzuheilen. Unverträglichkeitsreaktionen bzw. anaphylaktische Reaktionen gehören bei Erythropoietin zu den 25 Raritäten.

Bis heute gibt es keine wirksame Therapie cerebraler Ischämien, wie beispielsweise zur Behandlung von

Schlaganfallpatienten, ohne Eingriff in den Kopfbereich des Patienten.

5 Sakanaka M. et al. offenbaren in PNAS 1998, Band 95, nr. 8, S. 4635 - 4640, daß die zentrale Gabe von Erythropoietin im Tierversuch eine protektive Wirkung auf cerebrale Neuronen ausübt. Aufgrund der Kenntnis, daß die Blut-Hirn-Schranke durch größere Proteine nicht überwunden werden kann, erfolgt in sämtlichen Versuchen die Gabe des Erythropoietin direkt zentral  
10 in den lateralen Ventrikel. Eine derartige unmittelbar intraventrikuläre Gabe des Erythropoietin, d.h. unmittelbare Infusion des Erythropoietin in das Hirngewebe scheidet jedoch beim Menschen aufgrund der hohen Risiken, die mit der  
15 Anlage und dem Unterhalt einer temporären Ventrikeldrainage verbunden sind, beispielsweise Infektionen oder Blutungen, aus.

DelMastro L. et al. offenbaren in Oncologist 1998, 3/5, S. 314-318, daß die präventive Gabe von  
20 Erythropoietin eine Anämie in chemotherapeutisch behandelten Krebspatienten verhindern und damit präventiv das Risiko derartiger Patienten bzgl. einer cerebralen Ischämie in Folge einer chemotherapeutisch verursachten Anämie reduzieren kann. Eine Therapie  
25 für eine bereits vorliegende cerebrale Ischämie, insbesondere bei nicht chemotherapeutisch behandelten Patienten, ist darin nicht offenbart.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Behandlung von cerebralen Ischämien, ein Mittel zur Verwendung bei der Behandlung cerebraler Ischämien sowie ein Mittel zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung cerebraler Ischämien zur Verfügung zu stellen, die einfach und möglichst nebenwirkungsfrei sowie risikenfrei angewandt werden können.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1, die Verwendung zur Herstellung eines Arzneimittels nach Anspruch 9 sowie die Verwendung nach Anspruch 17 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren und Verwendungen werden in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen gegeben.

Ansatzpunkt für das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäßen Verwendungen von Erythropoietin ist es, daß nach stattgefundenener Ischämie, beispielsweise nach einem Schlaganfall, möglichst früh so viel wie möglich des geschädigten Hirngewebes, insbesondere der Penumbra, gerettet werden sollte. Es wurde gefunden, daß eine periphere Gabe von Erythropoietin einen ausgeprägt protektiven Effekt auf das von der Ischämie betroffene cerebrale Gewebe aufweist. Erythropoietin bewirkt dabei, daß der Bereich des geschädigten cerebralen Gewebes, insbesondere in der Penumbra, dramatisch verkleinert wird gegenüber herkömmlichen Maßnahmen bei cerebraler Ischämie ohne Erythropoietingabe.

5 Diese unerwartete geweksrettende Wirkung des peripher  
gegebenen Erythropoietins bei cerebraler Ischämie des  
Menschen ist schon deshalb nicht selbstverständlich,  
da Erythropoietin bekanntermaßen als größeres Protein  
mit einem Molekulargewicht von ca. 30000 Dalton die  
Blut-Hirn-Schranke gewöhnlich nicht zu überwinden  
vermag. Eine unmittelbar intraventrikuläre Gabe des  
Erythropoietin, d.h. unmittelbare Infusion des  
Erythropoietin in das Hirngewebe scheidet jedoch beim  
10 Menschen gewöhnlich aus wegen Risiken, die mit der  
Anlage und dem Unterhalt einer temporären  
Ventrikeldrainage verbunden sind, wie Infektionen  
oder Blutungen.

15 Es ist das Verdienst der vorliegenden Erfindung, zu  
erkennen und umzusetzen, daß überraschenderweise zur  
Behandlung einer stattgehabten cerebralen Ischämie  
unmittelbar nach dem schädigenden Ereignis  
Erythropoietin peripher als Arzneimittel gegeben  
werden kann und dann in das geschädigte Hirnareal  
20 übergeht und wirksam wird.

Die periphere Gabe von Erythropoietin, d.h. diesseits  
der Blut-Hirn-Schranke, erfolgt vorteilhafterweise  
intramuskulär oder vaskulär. Eine unmittelbar  
vaskuläre Gabe, die bekanntermaßen vorteilhafterweise  
25 bei Arzneimitteln meist intravenös erfolgen sollte,  
bietet sich hier geradezu an, um das Erythropoietin  
innerhalb eines kurzen Zeitraums, d.h. so rasch wie  
möglich nach dem schädigenden Ereignis, in einer

hohen Dosis zu dem geschädigten cerebralen Gewebe zu bringen.

5 Es ist daher davon auszugehen, daß Erythropoietin unmittelbar nach der Schädigung des Hirngewebes durch die Ischämie in den geschädigten Bereichen die Blut-Hirn-Schranke überwinden kann. Daher ist es möglich, dem beispielsweise durch einen Schlaganfall geschädigten Patienten ein Arzneimittel, das Erythropoietin enthält, zu verabreichen, wobei das  
10 Erythropoietin tatsächlich das geschädigte Hirngewebe erreicht.

Damit steht erstmals ein wirksames Therapeutikum für die cerebrale Ischämie bei Säugetieren, insbesondere beim Menschen, wie beispielsweise bei einem  
15 Schlaganfall, zur Verfügung.

Vorteilhaft ist dabei weiterhin, daß die intakte Blut-Hirn-Schranke in den nicht-geschädigten cerebralen Gewebebereichen ein Eindringen des dort nicht benötigten Erythropoietin weiterhin wirksam  
20 verhindert und so die nicht von dem ischämischen Infarkt betroffenen Gewebebereiche von der Therapie nicht beeinflußt werden, also auch keine oder nur stark verringerte Nebenwirkungen auftreten können.

Vorteilhafterweise wird Erythropoietin als  
25 Arzneimittel mit einer Dosierung in Höhe von 5000 bis 100000 Einheiten, idealerweise von 35000 Einheiten, pro Gabe, möglichst mit einer Gabe pro Tag in den



ersten Tagen, erstmals möglichst innerhalb von 8 Stunden nach dem Schlaganfall, angewandt. Es genügen dabei einige wenige Gaben von Erythropoietin, um den therapeutischen Effekt herbeizuführen. Dies hat  
5 weiterhin den Vorteil, daß die hauptsächlich bei langdauernden, kontinuierlichen Behandlungen anderer Krankheitsbilder nach dem oben beschriebenen Stand der Technik beobachteten Nebenwirkungen und Risiken bei der Verwendung von Erythropoietin zur Behandlung  
10 cerebraler Ischämie nicht oder nur geringfügig auftreten werden.

Erythropoietin ist aus dem Stand der Technik bekannt. Humanes Erythropoietin wurde erstmals aus Urin isoliert (T. Miyake et al. 1977, J. Biol. Chem., Bd. 252, S. 5558 - 5564). Heute erfolgt die Herstellung  
15 durch DNA-Rekombination. Durch diese Methode kann es in ausreichenden Mengen hergestellt und erfindungsgemäß verwendet werden. Auch weitere Varianten des Erythropoietins mit veränderter  
20 Aminosäuresequenz oder -struktur oder auch Bruchstücke mit den für die biologische Funktion des Erythropoietin relevanten funktionellen Sequenzabschnitten können für die erfindungsgemäße Verwendung eingesetzt werden und sollen unter den  
25 Begriff "Erythropoietin", wie er in dieser Anmeldung verwendet wird, fallen. Variabilität der erfindungsgemäß einsetzbaren Erythropoietin-Varianten ergibt sich weiterhin aus Abwandlungen in der Glycosilierung des Erythropoietins.

Bei dem erfindungsgemäß zu verwendenden Erythropoietin kann es sich folglich unter anderem um das humane Erythropoietin handeln, wie es natürlicherweise vorkommt, oder auch um Erythropoietin-Produkte bzw. Erythropoietin-Analoga (allgemein: Erythropoietin-Varianten bzw. -Derivate), die Abwandlungen von dem natürlichen humanen Erythropoietin aufweisen, wie zum Beispiel Modifikationen der Sequenz wie Deletionen und Substitutionen, oder auch Abwandlungen der Kohlenhydratzusammensetzungen. Derartige Erythropoietin-Produkte können durch verschiedene Herstellungsverfahren erzeugt werden. Derartige Herstellungsverfahren für erfindungsgemäß einsetzbare Erythropoietin-Varianten, -Derivate bzw. -Analoga sind beispielsweise in den Patentanmeldungen WO 86/03520, WO 85/02610, WO 90/11354, WO 91/06667, WO 91/09955, WO 93/09222, WO 94/12650, WO 95/31560 und WO 95/05465 beschrieben, deren Offenbarungen sämtlich vollständig hiermit in den Offenbarungsgehalt in die vorliegende Patentanmeldung per Referenz hierauf aufgenommen und in die vorliegende Patentanmeldung eingeschlossen sein sollen.

Im folgenden werden Beispiele für das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäßen Verwendungen gegeben.

Es zeigen:

Fig 1 das Auftreten von Erythropoietin im Serum und in der Cerebrospinalflüssigkeit nach einem Schlaganfall, sowie

Fig. 2 das Läsionsausmaß nach cerebraler Ischämie.

5 In Fig. 1A ist der Mittelwert der Serumkonzentration von 4 Patienten mit Schlaganfall, d.h. deren periphere Konzentration von Erythropoietin über mehrere Tage aufgetragen, denen ca. 8 Stunden, ca. 24 Stunden und nochmals ca. 48 Stunden nach dem  
10 Schlaganfall jeweils eine Dosis von 35000 IE humanes rekombinantes Erythropoietin (Präparat "Neorecormon" der Fa. Hoffmann-LaRoche AG) intravenös gegeben wurde. Es ist zu erkennen, daß die Serumkonzentration innerhalb der ersten Tage ihr Maximum erreicht und  
15 anschließend wieder stark abfällt.

In Fig. 1B sind die Konzentrationen von EPO in sechs Kontrollpatienten mit nichtischämischen neurologischen Erkrankungen ("Neurological Disease Controls") nach Infusion von Erythropoietin, in zwei  
20 unbehandelten Schlaganfallspatienten ("Stroke Controls") ohne Infusion von Erythropoietin sowie in vier Schlaganfallspatienten ("EPO-Patients") nach Infusion von Erythropoietin wie bei den Kontrollpatienten dargestellt. Dargestellt ist dabei  
25 der Mittelwert der EPO-Konzentration in der Cerebrospinalflüssigkeit, wie er im Mittel 6,4 Stunden nach einer ersten Infusion von 35000 IE humanen rekombinanten Erythropoietins (Präparat "Neorecormon" der Fa. Hoffmann-LaRoche AG) bestimmt

wurde. Bei den vier Schlaganfallpatienten ("EPO-Patients") handelt es sich um dieselben Patienten wie in Fig. 1A.

5 Es ist, unter Berücksichtigung der verwendeten  
logarithmischen Skala der Darstellung in Fig. 1B,  
unmittelbar zu erkennen, daß die Konzentration des  
Erythropoietin in der Cerebrospinalflüssigkeit in  
Schlaganfallspatienten ("EPO-Patients") um das ca.  
100-fache über der der gleich behandelten  
10 Kontrollpatienten ("Neurological Disease Controls")  
oder auch der unbehandelten Schlaganfallspatienten  
("Stroke-Controls") liegt.

Es ist das Verdienst der vorliegenden Erfindung, zu  
erkennen, daß im Falle einer cerebralen Ischämie die  
15 Blut-Hirn-Schranke für Erythropoietin durchlässig  
wird, so daß zur Behandlung einer cerebralen Ischämie  
unmittelbar nach dem schädigenden Ereignis  
Erythropoietin peripher als Arzneimittel in das  
geschädigte Hirnareal übergehen und wirksam werden  
20 kann.

Fig. 2 zeigt das Läsionsausmaß nach einem  
Schlaganfall bei einem 73 Jahre alten Patienten. Die  
gezeigten Aufnahmen wurden mittels magnetischer  
Kernresonanzspektroskopie ("diffusion-weighted MRI")  
25 erzeugt.

Der Patient wurde ca. 8 Stunden nach einem  
Schlaganfall mit 35000 IE humanem rekombinantem  
Erythropoietin (Präparat "Neorecormon" der Fa.  
Hoffmann-LaRoche AG) intravenös infundiert. Ca. 24  
30 Stunden und 48 Stunden nach dem Schlaganfall wurde

jeweils eine weitere gleich hohe Dosis Erythropoietin gegeben.

5 Fig 2A zeigt dabei drei Schnittansichten von unten während des Therapieverlaufs durch das Gehirn des Patienten ca. 7 Stunden nach dem Schlaganfall. Deutlich durch ihre weiße Färbung abgesetzt sind die durch den Schlaganfall geschädigten Bereiche zu erkennen.

10 In Fig. 2B sind die geschädigten Bereiche ca. 3 Tage nach dem Schlaganfall ebenfalls durch ihre weißliche Färbung (mit dunklem Kern) zu erkennen..

15 Fig. 2C zeigt dieselben Schnittansichten nach 18 Tagen. Deutlich zu erkennen ist, daß es zu einer markanten Reduktion der Primärläsion kam. Diese Reduktion des ischämischen Infarktareals ist u.a. der Behandlung mit Erythropoietin zuzuschreiben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von cerebralen  
Ischämien eines Säugetieres, dadurch  
gekennzeichnet, daß Erythropoietin peripher  
5 appliziert wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Applikation  
vaskulär erfolgt.
3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß die Applikation  
intravenös erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das  
Erythropoietin zur Behandlung des Schlaganfalls  
15 appliziert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das  
Erythropoietin in einer Dosis von 5000 IE bis  
100000 IE pro Gabe und/oder pro Tag appliziert  
20 wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das  
Erythropoietin in einer Dosis von 35000 IE pro  
Gabe und/oder pro Tag appliziert wird.

- 5           7.    Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Erythropoietin natives oder rekombinantes menschliches oder tierisches Erythropoietin oder ein Derivat hiervon appliziert wird.
8.    Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Säugetier ein Mensch behandelt wird.
- 10          9.    Verwendung von Erythropoietin zur Herstellung eines peripher zu applizierenden Arzneimittels zur Behandlung von cerebralen Ischämien von Säugetieren.
- 15          10.   Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch zur Herstellung eines vaskulär zu applizierenden Arzneimittels.
11.   Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch zur Herstellung eines intravenös zu applizierenden Arzneimittels.
- 20          12.   Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zur Herstellung eines peripher zu applizierenden Arzneimittels zur Behandlung des Schlaganfalls.
13.   Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 12 in einer Dosis von 5000 IE bis 100000 IE pro Gabe und/oder pro Tag.

14. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 13 in einer Dosis von 35000 IE pro Gabe und/oder pro Tag.
- 5 15. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß als Erythropoietin ein natives oder rekombinantes menschliches oder tierisches Erythropoietin oder ein Derivat hiervon verwendet wird.
- 10 16. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Säugetier ein Mensch ist.
17. Verwendung von Erythropoietin als peripher zu applizierendes Mittel zur Behandlung von cerebralen Ischämien eines Säugetieres.
- 15 18. Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch als vaskulär zu applizierendes Mittel.
19. Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch als intravenös zu applizierendes Mittel.
- 20 20. Verwendung nach einem der Ansprüche 17 bis 19 zur Behandlung des Schlaganfalls.
21. Verwendung nach einem der Ansprüche 17 bis 20 in einer Dosis von 5000 IE bis 100000 IE pro Gabe und/oder pro Tag.



22. Verwendung nach einem der Ansprüche 17 bis 21 in einer Dosis von 35000 IE pro Gabe und/oder pro Tag.
- 5 23. Verwendung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß als Erythropoietin ein natives oder rekombinantes menschliches oder tierisches Erythropoietin oder ein Derivat hiervon verwendet wird.
- 10 24. Verwendung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Säugetier ein Mensch ist.

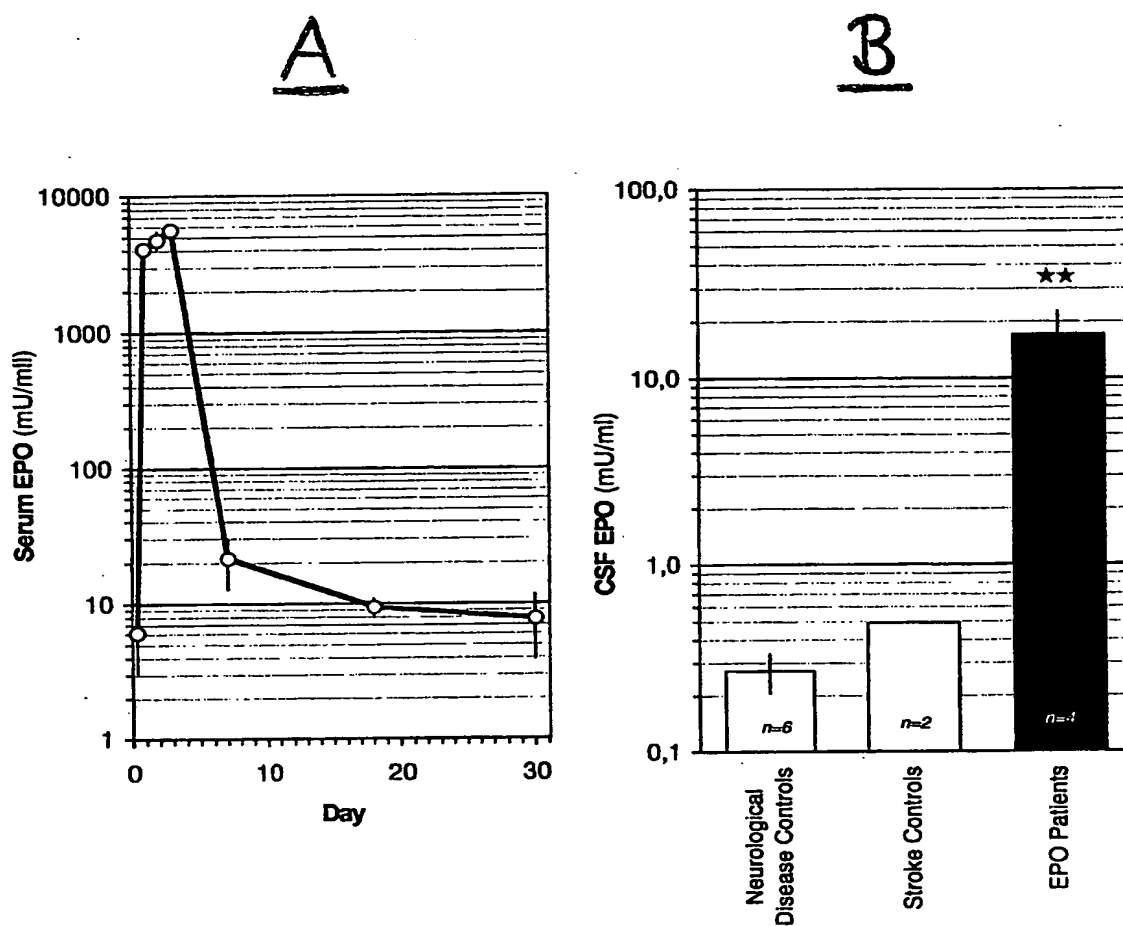


Fig. 1



Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**